

Schadstoffeinträge durch Staubniederschlag im Stadtgebiet von Landeck im Jahr 2018

Bericht



Amt der Tiroler Landesregierung

Abteilung Waldschutz

Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck



Dieser Bericht entstand unter Mitarbeit folgender Personen:

Für den Inhalt verantwortlich	DI Christian Schwaninger
Erstellt von	DI Walter Egger
	DI Dr. Georg Lair
	Mag. Andreas Krismer
Betreuung des Messnetzes	Martin Perlornigg
Analytik, Schwermetalle & Datenkontrolle	Mag. Anita Leitner-Strasser, Mag. Dr. Heinrich Nock SG Chemisch Technische Umweltschutzanstalt
Foto Deckblatt	Bürgerforum Landeck, Notkaminbetrieb der Donau Chemie AG am 23.7.2017

Herausgeber

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Waldschutz, Fachbereich Luftgüte

Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck

© April 2019

Telefon: 0512/508-4600 (Fax: -744605)

Informationen im Internet: www.tirol.gv.at/umwelt/luft

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung	1
2. Hintergrund und Aufgabenstellung	2
3. Material und Methoden	3
3.1 Erfassung der atmosphärischen Deposition von Staub und Schwermetallen	3
3.1.1 Allgemeines zur Staubdeposition	3
3.1.2 Betrieb des Notkamins der Donau Chemie AG im Jahr 2018	3
3.1.3 Messung der Staubdeposition und der Schwermetallgehalte	4
3.1.4 Messstandorte und Probenahme	5
3.1.5 Rechts- und Beurteilungsgrundlagen	9
3.2 Bestimmung der Immissionswirkung auf Fichtennadeln	10
3.2.1 Allgemeines zur Bioindikation	10
3.2.2 Standorte der beprobten Fichtenbäume in Landeck und untersuchte Elemente in den Nadeln	10
3.2.3 Beurteilungsmaßstäbe für die Bioindikation	11
4. Ergebnisse	13
4.1 Rechtliche Beurteilung der Staub- und Schadstoffdeposition in Landeck	13
4.2 Der Notkaminbetrieb der Donau Chemie-AG sowie die Staub- und Schadstoffdepositionen im Jahresgang	15
4.3 Ergebnisse der Bioindikation	23
5. Zusammenfassung	27

1. Kurzfassung

Wiederkehrende Emissionsbeobachtungen von Wohnanrainern bei der Firma Donau Chemie AG veranlasste den Fachbereich Luftgüte/Abteilung Waldschutz im Amt der Tiroler Landesregierung Staubdepositionsmessungen im Stadtgebiet von Landeck durchzuführen. Im Jahr 2018 wurden an sechs Messstandorten der Gesamtstaubeintrag mittels Bergerhoff-Methode monatlich ermittelt und der gesammelte Staub auf Gehalte an verschiedenen Elementen (verglühbare Substanz, Calcium, Eisen, Kalium, Kupfer, Magnesium, Schwefel, Vanadium, Zink, Blei, Arsen und Cadmium) analysiert. Zusätzlich wurden im Stadtgebiet Nadelproben von Fichtenbäumen in den Jahren 2017 und 2018 entnommen und analysiert, um eventuelle Schadstoffeinträge auch in der Vegetation nachzuweisen.

Die Untersuchungsergebnisse der Staubdeposition wurden nach dem „Immissionsschutzgesetzes Luft (IG-L)“, der „Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen“ und einem Richtwert in der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)“ beurteilt. Der Gesamtstaubeintrag sowie die Einträge aller gemessenen Elemente lagen deutlich unter den jeweiligen gesetzlichen Vorgaben. Auch Elementeinträge ohne ausgewiesene Grenzwerte sind als sehr gering und unauffällig einzustufen. Ein Vergleich der Analysenergebnisse der Fichtennadeln in Landeck mit Ergebnissen des Österreichischen Bioindikatorenmessnetzes bestätigte die Ergebnisse der Staubdepositionsmessungen.

Aufgrund der Messungen im Jahr 2018 kann davon ausgegangen werden, dass durch den zeitlich eingeschränkten Betrieb des Notfallkamins der Donau Chemie AG und durch die Summe aller Staubeinträge durch lokale Aufwirbelungen und Ferntransport keine Grenzwertverletzungen bezogen auf die analysierten Elemente in Landeck auftreten.

2. Hintergrund und Aufgabenstellung

Im Schreiben vom 8. September 2017 der Stadtgemeinde Landeck wurde der Wunsch an die Abteilung Waldschutz im Amt der Tiroler Landesregierung übermittelt, dass Vorerkundungsmessungen für Schadstoffe im Staubniederschlag im Stadtgebiet von Landeck durchgeführt werden sollten. Anlass für die Untersuchungen waren Beobachtungen und Fotos des Bürgerforums „Für Landeck“, welche mehrmalig ungefilterte Rauchschwaden aus dem Notkamin der Firma Donau Chemie AG (Jubiläumsstraße 3, 6500 Landeck) in den Jahren 2012 bis 2017 beobachteten und dokumentierten.

Das Werk Landeck der Donau Chemie AG produziert seit über 100 Jahren Calciumcarbid (CaC_2) für die Acetylen gasproduktion und die Stahlindustrie. Ausgangsstoffe zur Produktion von ca. 40.000 t Calciumcarbid pro Jahr sind einerseits Kalkstein, welcher zu Kalk gebrannt wird, und andererseits Koks, welcher in Verbindung mit Kalk im so bezeichneten Carbidofen (Innentemperatur 2200°C) zu Calciumcarbid gebrannt wird. Das Werk Landeck der Donau Chemie AG ist sowohl ein Seveso-III-Betrieb als auch eine IPPC-Anlage und muss daher nach § 82a GewO 1994 einer regelmäßigen, im Dreijahresrhythmus stattfindenden Umweltinspektion unterzogen werden und den „Stand der Technik“ in der Produktion erfüllen. Bei Normalbetrieb (>99% der Jahresbetriebsstunden) werden die Abgase des Karbidofens einem Nasswäscher zugeführt und anschließend über den Schornstein abgeführt.

Die Aufgabenstellung der vorliegenden Untersuchung war nun die Immissionssituation im Stadtgebiet von Landeck über einen längeren Zeitraum zu erfassen und hinsichtlich einer gesundheitlichen Gefährdung durch Staubemissionen durch den Betrieb der Donau Chemie AG zu beurteilen.

Die immissionsfachliche Erhebung umfasste 5 Messstandorte in der Nähe des Emittenten, wobei im Kalenderjahr 2018 monatlich die Staubdepositionen ermittelt und chemisch im Labor analysiert wurden. Zusätzlich wurden auch Nadeln von Fichtenbäumen als Bioakkumulatoren untersucht und für die Beurteilung der Immissionssituation herangezogen. Die Messergebnisse werden in diesem Bericht zusammengefasst und hinsichtlich der gesetzlich gültigen Grenzwerte bewertet.

3. Material und Methoden

3.1 Erfassung der atmosphärischen Deposition von Staub und Schwermetallen

3.1.1 Allgemeines zur Staubdeposition

Die Verursacherstruktur von Partikelemissionen ist sehr komplex und unterliegt großen räumlichen und zeitlichen Schwankungen. Stäube werden hauptsächlich sowohl von den Haushalten durch Verbrennung fester Brennstoffe als auch von Industrie- und Gewerbebetrieben freigesetzt. Aber auch die Gewinnung und Bearbeitung von staubenden Gütern (Sand, Schotter, Bauschutt etc.) sowie Fahrbewegungen auf unbefestigten Wegen, trockenen Feldern und Äckern oder das Zermahlen von im Winter aufgebrauchten Streumaterialien verursachen beträchtliche Staubaufwirbelungen.

Die Ergebnisse von Staubdepositionsmessungen geben Auskunft über den staubförmigen Niederschlag im Untersuchungsgebiet (trockene und nasse Deposition). Bestimmt wird dabei überwiegend die Masse der Staubteilchen mit großem Korndurchmesser von meist 50 bis 500 µm. Die Größe der Teilchen beeinflusst besonders die Verweilzeit in der Atmosphäre. Größere Teilchen setzen sich gravimetrisch rascher ab und der Transportweg in der Luft bleibt somit häufig relativ kurz. Emissionsquelle und Immissionsort liegen daher in der Regel nahe beieinander. Witterungseinflüsse wie höhere Windstärken oder auch Feuchtigkeit verändern die Staubkonzentrationen in der Luft. Bei feuchter, regnerischer Witterung sinken die Staubimmissionen im Vergleich zu den Verhältnissen bei trockenem Wetter rasch und deutlich ab.

3.1.2 Betrieb des Notkamins der Donau Chemie AG im Jahr 2018

Für den Betrieb des Karbidofens ist ein Notkamin zusätzlich zum normalen Abluftsystem erforderlich. Dieser Notkamin wird als Sicherheitsmaßnahme bei einer Störung während des Betriebes des Karbidofens aktiviert, um für ein problemloses Abströmen der Abgase und einen sicheren Abschaltvorgang des Ofens garantieren zu können. Es wird darauf hingewiesen, dass bei Seveso III Betrieben der sichere Betrieb der Anlage prioritär ist.

Der Betrieb des Notkamins wirkt sich nachteilig auf die Abluftemissionen aus, welche im Vergleich zum Betrieb mit dem normalen Abluftsystem steigen. Der Karbidofen wird deshalb bei Aktivierung des Notkamins, unabhängig von der Art der Störung, nach einer Minute automatisch abgeschaltet, womit die Reaktionen im Ofen gestoppt werden und die Emissionsbildung dadurch schnellstmöglich vermindert wird. Der Einsatz des Notkamins

bzw. die Sicherheitsabschaltung wird z.B. bei einem Ausfall des Stromnetzes, bei zu hohem Ofendruck oder einem Ausfall der Abluftreinigungsanlage aktiv.

Der Betrieb des Notkamins wird von der Donau Chemie AG vollständig dokumentiert. Im Schnitt über fünf Jahre wird der Notkamin mit einem Anteil von 0,57% der Jahresbetriebsstunden betrieben (Ergebnis der letzten Umweltinspektion im Herbst 2017). Ungefähr die Hälfte dieses Anteils ist für die Reinigung der Abluftreinigungsanlage notwendig. Aufzeichnungen über die Betriebszeiten des Notkamins im Untersuchungsjahr 2018 ergaben folgende Tage mit einer Inbetriebnahme des Notkamins (Tabelle 1).

Tabelle 1: Auflistung der Tage und Dauer der Notkaminschaltungen im Kalenderjahr 2018 (Auskunft des Werkleiters der Donau Chemie AG, 6.3.2019). Im Jahr 2018 betrug die Summe 2221 Betriebsminuten (= 37,02 Stunden).

Datum	Minuten	Datum	Minuten	Datum	Minuten
02.01.	30	12.04.	25	23.09.	30
19.01.	35	09.05.	4	24.09.	5
21.01.	155	15.05.	25	02.10.	145
30.01.	20	12.06.	145	13.10.	11
23.03.	30	16.07.	45	06.11.	35
27.03.	240	23.08.	425	14.11.	166
03.04.	95	05.09.	236	10.12.	80
06.04.	20	18.09.	40	23.12.	179

3.1.3 Messung der Staubdeposition und der Schwermetallgehalte

Der Staubniederschlag wird mit dem sogenannten Bergerhoff-Verfahren (VDI-Richtlinie 2119 Blatt 2) bestimmt. Dieses Messverfahren beruht darauf, dass die aus der Atmosphäre ausfallende Menge an fester und flüssiger Substanz – mit Ausnahme des Wasseranteiles – während eines bestimmten Zeitintervalls aufgefangen und erfasst wird. Dabei wird ein Glasgefäß mit bekannter Öffnungsweite auf einem etwa 1,5 m hohen Ständer angebracht. Der sich aus der Luft absetzende Staub und das Regenwasser werden in diesem Gefäß gesammelt (= nasse und trockene Deposition). Die Expositionszeit beträgt etwa 28 Tage. Im Labor der CTUA (Chemisch-technische Umweltschutzanstalt des Amtes der Tiroler Landesregierung) wird das Sammelgut von groben Verunreinigungen (Blätter, Insekten,

Federn, etc.) mit einer Pinzette gereinigt, anschließend bis zur Gewichtskonstanz eingedampft und als Gesamtstaubniederschlag abgewogen. Das Ergebnis wird auf 1 Tag bzw. ein Jahr pro 1 m² bezogen.

Der getrocknete Staubniederschlag wird zur Bestimmung des verglühbaren Anteils zunächst bei 510°C gemuffelt und gewogen. Anschließend wird der Rest der Probe mit 8%iger Salzsäure unter erhöhter Temperatur aufgeschlossen und die Suspension gefiltert (Fa Macherey-Nagel, MN 640w). Das Eluat wird für die Analyse der Schadstoffgehalte im Staubniederschlag verwendet. Die Elemente Calcium (Ca), Eisen (Fe), Kalium (K), Kupfer (Cu), Magnesium (Mg), Schwefel (S), Vanadium (V), Zink (Zn) und Blei (Pb) wurden mittels ICP-OES (ÖNORM EN ISO 11885), und die Elemente Arsen (As) und Cadmium (Cd) mittels ICP-MS (ÖNORM EN ISO 17294) bestimmt. Die Auswahl der zu bestimmenden Elemente erfolgte auf Grund der Vorgaben des „Immissionsschutzgesetzes Luft (IG-L)“, der „Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen“, den Richtwerten in der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft)“ sowie auf Grund möglicher Hinweise auf werksbezogene und anderwärtiger Emissionen.

3.1.4 Messstandorte und Probenahme

Für die Aufstellung der Bergerhoff-Sammelgeräte wurden sechs Standorte auf Basis der vorherrschenden Hauptwindrichtungen und der Nähe zum Werk der Donau Chemie AG ausgewählt. Vom Werk dem Inntal talabwärts folgend, wurden die Messstellen an der Bahnhofstraße (La 1), der Kirchstraße (La 5) und der Fischerstraße (La 6) errichtet. Geprägt von Talaufwinden war die Messstelle am Burschlweg (La 3), während die Messstellen am Perjenweg (La 4) sowie im Werksgelände der Donau Chemie AG (La 2) nördlich bzw. südwestlich am nächsten zum Schlot und Notkamin des Betriebes lagen (vgl. Abb.1). Die einzelnen Messstandorte (außer La 2 aus Gründen des Datenschutzes) sind in den Abbildung 2 dargestellt.

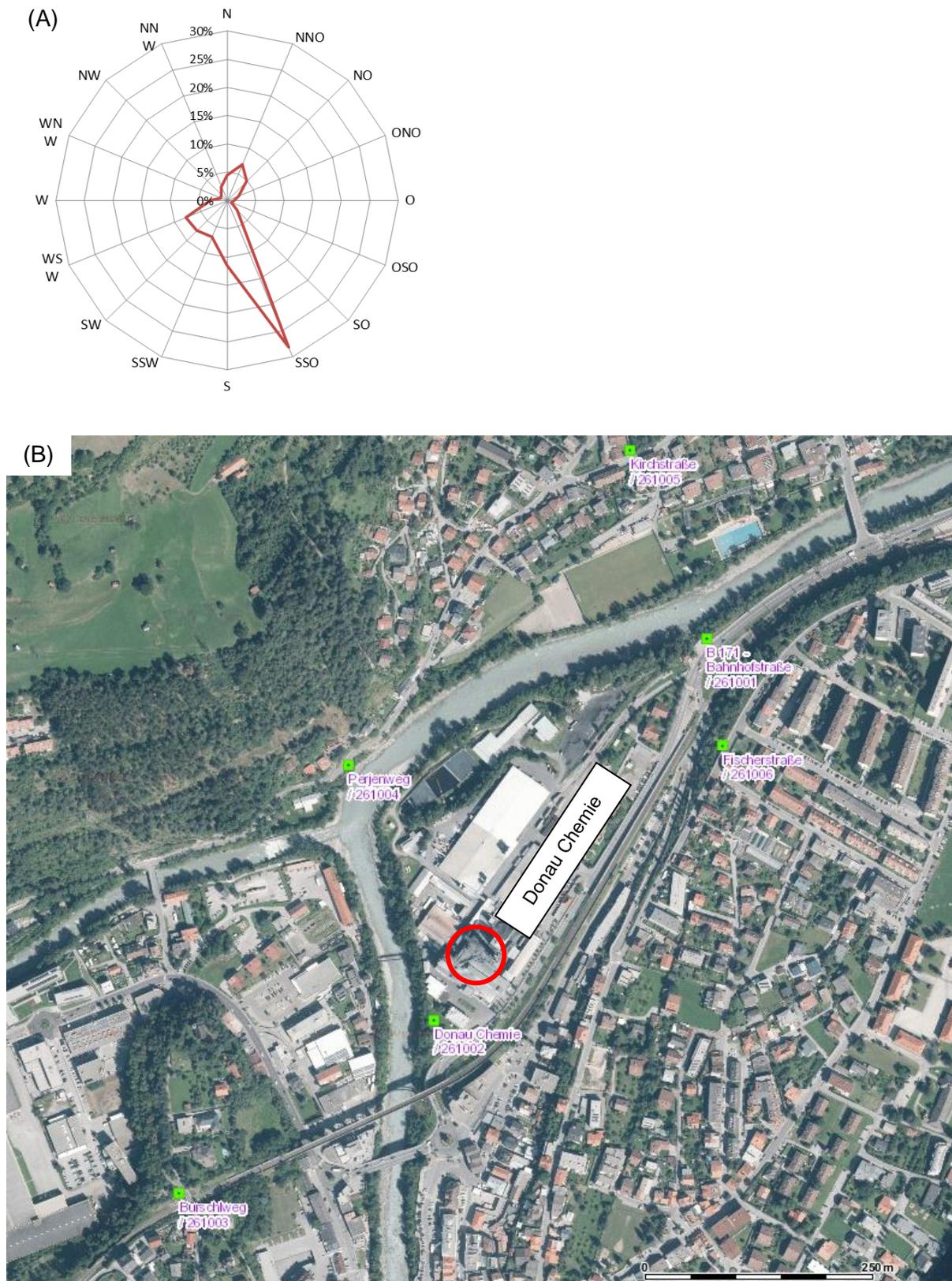


Abbildung 1: (A) Hauptwindrichtungen der ZAMG Messstelle Landeck im Jahr 2018 und (B) die Lage der Staubdepositionssammler in Landeck: Bahnhofstraße (La 1), Donau Chemie AG (La 2), Burschlweg (La 3), Perjenweg (La 4), Kirchstraße (La 5), Fischerstraße (La 6). Der rote Kreis markiert die Position des Schlottes und des Notkamins der Donau Chemie AG.



Abbildung 2: Rote Pfeile markieren die Position der einzelnen Bergerhoff-Sammler zur Bestimmung der atmosphärischen Deposition in Landeck. LA 2 am Werksgelände der Donau Chemie AG ist aus Datenschutzgründen ohne Abbildung.

Für die Auswertung und Interpretation von Staubbiederschlagswerten ist maßgeblich die Datenverfügbarkeit der Messergebnisse über die gesamte Untersuchungsperiode entscheidend. Um den zeitlichen Verlauf über ein Jahr charakterisieren zu können, werden die Bergerhoff-Sammler monatlich gewechselt. Hier ist zu beachten, dass die monatlichen Werte aus organisatorischen Gründen nicht genau den Kalendermonaten entsprechen (vgl. dazu Tabelle 2). Aufgrund von Vandalismus, Glasbruch oder auch sonstigen natürlichen Verunreinigungen (z.B. Blättereintrag, Insekteneinträge) können nicht immer alle Bergerhoff-Sammler analysiert bzw. berücksichtigt werden. Zur Bestimmung von Jahreswerten nach IG-L müssen mindestens 75% eines Kalenderjahres abgedeckt werden, was an allen Messstandorten in Landeck erreicht wurde (Tabelle 2).

Tabelle 2: Angaben über die Messperioden der atmosphärischen Staubdeposition sowie der Datenverfügbarkeit im Untersuchungsjahr. Bahnhofstraße (La 1), Donau Chemie AG (La 2), Burschlweg (La 3), Perjenweg (La 4), Kirchstraße (La 5), Fischerstraße (La 6).

Monat	Tage	Messperiode	La1	La2	La3	La4	La5	La6
Jänner	30	2.1.2018 – 1.2.2018	-	ja	ja	-	ja	ja
Feber	28	1.2.2018 – 1.3.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
März	28	1.3.2018 – 29.3.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
April	32	29.3.2018 – 30.4.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Mai	30	30.4.2018 – 30.5.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Juni	29	30.5.2018 – 28.6.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Juli	32	28.6.2018 – 30.7.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
August	31	30.7.2018 – 30.8.2018	-	ja	ja	ja	ja	ja
September	32	30.8.2018 – 1.10.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Oktober	30	1.10.2018 – 31.10.2018	ja	ja	ja	-	-	ja
November	29	31.10.2018 – 29.11.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Dezember	28	29.11.2018 – 27.12.2018	ja	ja	ja	ja	ja	ja
SUMME Tage	359		298	359	359	299	329	359
		Datenverfügbarkeit im Kalenderjahr 2018	81,6%	98,4%	98,4%	81,9%	90,1%	98,4%

3.1.5 Rechts- und Beurteilungsgrundlagen

In Tabelle 3 sind die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegten Parameter Staubbiederschlag, Blei und Cadmium (Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L), 1997) sowie die Grenzwerte nach der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (1984) angeführt.

Tabelle 3: Grenzwerte nach dem IG-L^(a) und nach der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen^(b). Magnesium angegeben als MgO = [Mg]*1,658; Calcium angegeben als CaO = [Ca]*1,4. JMW = Jahresmittelwert, MMW = Monatsmittelwert.

Mitteilungszeitraum	Deposition (Einheit)	Staubniederschlag ^(a)	Pb ^(a)	Cd ^(a)	MgO ^(b)	CaO ^(b)	Zn ^(b)	Cu ^(b)
JMW ^(a)	mg/(m ² *Tag)	210	0,1	0,002	-	-	-	-
MMW ^(b)	mg/(m ² *Tag)	-	-	-	80	600	-	-
JMW ^(b)	mg/(m ² *Tag)	-	-	-	50	400	-	-
JMW ^(b)	mg/(m ² *Jahr)	-	250	5			1000	250

Für die Depositionsraten von Eisen (Fe), Vanadium (V), Arsen (As) und Schwefel (S) gibt es derzeit in Österreich keine gesetzliche Regelung. Für eine Beurteilung der Staubeinträge von Arsen (As) werden deshalb die Richtwerte der „Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft“ der Bundesrepublik Deutschland herangezogen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Immissionswert zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen einschließlich zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen („Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft /TA-Luft“) in der Bundesrepublik Deutschland. JMW = Jahresmittelwert.

Mitteilungszeitraum	Deposition (Einheit)	As
JMW	µg/(m ² *Tag)	4

3.2 Bestimmung der Immissionswirkung auf Fichtennadeln

3.2.1 Allgemeines zur Bioindikation

Zur Überwachung der Auswirkungen der Luftverschmutzung in Waldökosystemen wurde 1983 das „Österreichische Bioindikatornetz“ flächendeckend eingerichtet. Das Bioindikatornetz besteht aus dem 16 x 16 km Grundnetz und zusätzlichen Verdichtungspunkten. Ziel dieses Monitoringprogrammes ist es, durch jährliche Analysen von Blättern bzw. Nadeln lokale als auch grenzüberschreitende Immissionseinwirkungen sowie Nährstoffimbilanzen festzustellen und deren zeitliche Entwicklung und räumliche Verteilung aufzuzeigen. Als passiver Akkumulationsindikator wird Fichte bzw. im trockenen Osten Österreichs Weiß- und Schwarzkiefer sowie Buche eingesetzt. Die Probenahme erfolgt durch die jeweiligen Landesforstdienste gemäß den Bestimmungen der „Zweiten Verordnung gegen Forstschädliche Luftverunreinigungen“. Dabei werden nach Beendigung der Vegetationszeit zwischen September und November Äste im obersten Kronendrittel (6. Bis 7. Quirl) entnommen. Die Äste werden vor Ort in die Nadeljahrgänge 1 (heurriger Austrieb) und 2 (Austrieb des Vorjahres) aufgetrennt, mit einem Probebegleitschein in ein PE-Säckchen verpackt und dem Bundesforschungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Institut für Waldschutz/Abteilung Immissions- und Pflanzenanalyse (Seckendorff-Gudent-Weg 8, 1131 Wien) zur weiteren Analyse von Schwermetallen und Nährstoffen übermittelt. Für Informationen zu den einzelnen Messverfahren und das Monitoring-Programm wird hier auf die entsprechende Abteilung am BFW verwiesen (www.bioindikatornetz.at).

3.2.2 Standorte der beprobten Fichtenbäume in Landeck und untersuchte Elemente in den Nadeln

Als Ergänzung zu den Staubdepositionserhebungen wurden an insgesamt vier Standorten in Landeck Fichtenbäume ausgewählt (vgl. Abbildung 3) und im Herbst 2017 und 2018 beprobt. An jedem Standort – außer am Standort LA/3 – konnten jeweils 2 geeignete Fichten gefunden werden. Am Standort LA/4 wurden Blaufichten (*Picea pungens*) anstelle der heimischen Fichte (*Picea abies*) ausgewählt. In den Nadelproben wurden die Gehalte an Schwefel, Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan, Zink, Kupfer, Bor und Nickel bestimmt. Für einen Vergleich mit den Staubdepositionsmessungen wurden zusätzlich die Elemente Blei und Cadmium in den Nadelproben analysiert.



Abbildung 3: Lage der Fichtenbäume für die Nadelanalysen zur Bestimmung der Immissionswirkung. La/1 zwei Fichten Osteinfahrt Donau Chemie AG; La/2: zwei Fichten in einem Privatgarten; La/3: eine Fichte im Nisslpark; La/4: 2 Blaufichten beim Gymnasium Perjen.

3.2.3 Beurteilungsmaßstäbe für die Bioindikation

Folgende Tabellen listen die Bewertungsstufen für die gemessenen Konzentrationen an Nährstoffen und Schadstoffen in den Fichtennadelproben.

Tabelle 5: Schadstoffgrenzwerte für Schwefel in Fichtennadeln.

Schwefel (S) in %	Nadeljahrgang 1	Nadeljahrgang 2
niedrig	< 0.081	< 0.101
leicht erhöht	0.081-0.110	0.101-0.140
erhöht	0.111-0.150	0.141-0.190
deutlich erhöht	> 0.150	> 0.190

Tabelle 6: Beurteilung der Makro- und Mikronährstoffgehalte im ersten Nadeljahrgang.

Element	Einheit	mangelhaft	nicht ausreichend	ausreichend	über Optimum
Stickstoff	g/100g (%)	< 1,31	1,31-1,50	> 1,50	> 2,20
Phosphor	g/100g (%)	< 0,12	0,12-0,13	> 0,13	> 0,30
Kalium	g/100g (%)	< 0,34	0,34-0,42	> 0,42	> 0,85
Calcium	g/100g (%)	< 0,11	0,11-0,36	> 0,36	> 0,90
Magnesium	g/100g (%)	< 0,08	0,08-0,11	> 0,11	> 0,20
Eisen	mg/kg	< 20	20-29,9	30-180	> 180
Mangan	mg/kg	< 20	20-49,9	50-6000	> 6000
Zink	mg/kg	< 15	15-29,9	30-60	> 60
Kupfer	mg/kg	< 2	2 – 3	3 – 7	> 7
Bor	mg/kg	< 3	3 – 10	10 – 30	> 30

Tabelle 7: Beurteilung von Schwermetallgehalten im ersten Nadeljahrgang.

Element	Einheit	minimal	normal	leicht erhöht	mäßig erhöht	sehr erhöht
Blei	mg/kg	< 3,0	3,0-5,9	6,0-11,9	12,0-20,0	> 20,0
Cadmium	mg/kg	< 0,05	0,05-0,09	0,10-0,14	0,15-0,20	> 20,0
Nickel	mg/kg	< 4	4-8	8 – 12	> 12	> 20

4. Ergebnisse

4.1 Rechtliche Beurteilung der Staub- und Schadstoffdeposition in Landeck

In Tabelle 9 auf der folgenden Seite sind die Messergebnisse der Staubdeposition an allen sechs Messstandorten für das Untersuchungsjahr 2018 zusammengefasst. Die Mengen an Gesamtstaub und der einzelnen Schadstoffeinträge liegen deutlich unter den Grenzwertbestimmungen nach Immissionschutzgesetz-Luft (IG-L) und der Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen. Auch jene Elemente, die keinem rechtlichen Beurteilungsmaßstab unterliegen, sind für städtische Ballungsräume besonders unauffällig. Die Gesamteinträge im Untersuchungsjahr 2018 sind in Tabelle 8 gelistet. Die erreichten Mengen sind in abnehmender Reihenfolge aufgezählt:

Tabelle 8: Staub- und Schadstoffeinträge in Landeck im Jahr 2018.

Gesamtstaubdeposition	310	kg/ha*Jahr
davon:		
verglühbare Substanz	176	kg/ha*Jahr
Calcium	18,7	kg/ha*Jahr
Magnesium	5,86	kg/ha*Jahr
Schwefel	2,54	kg/ha*Jahr
Kalium	2,35	kg/ha*Jahr
Eisen	2,25	kg/ha*Jahr
Zink	0,24	kg/ha*Jahr
Kupfer	0,14	kg/ha*Jahr
Blei	10,7	g/kg*Jahr
Vanadium	2,48	g/kg*Jahr
Arsen	2,42	g/ha*Jahr
Cadmium	0,44	g/ha*Jahr

Im Vergleich zu ländlichen Gebieten in Tirol und Österreich liegen die Depositionswerte für Kalium und Schwefel im Stadtgebiet von Landeck etwas höher (vgl. Berichte „Nasse Deposition in Tirol“, www.tirol.gv.at/umwelt/luft/). Diese Größenordnungen an Einträgen sind jedoch durchwegs als (positive) Nährstoffgaben für die Vegetation zu betrachten. Hervorzuheben sind die hohen Einträge an verglühbare Substanz, welche sich im Wesentlichen aus organischen Bestandteilen und dem Kristallwasser bzw. Kapillarwasser im Staub zusammensetzt. Die organischen Bestandteile sind vor allem auf Verbrennungsprozesse und Ruß-Emissionen aus Verkehr, Industrie und Hausbrand zurückzuführen.

Tabelle 9: Messergebnisse sowie die gültigen Grenzwerte für die jeweiligen Komponenten an den sechs Messstandorten in Landeck.

MW...Mittelwert aller 6 Standorte; #Messung auf monatlicher Basis, weshalb der jeweils höchste Monatswert im Untersuchungsjahr herangezogen wurde.

IG-L... Immissionsschutzgesetz Luft (BGBl. I 115/1997 i.d.g.F.); II.V.g.f.L. ...Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (BGBl. Nr. 199/1984); TA-

Luft... Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (GMBl. S. 511)

Staubniederschlag & Inhaltsstoffe	Mittelungszeitraum	Rechtsgrundlage	Grenzwert/Richtwert*	Einheit	Standorte						MW
					La1	La2	La3	La4	La5	La6	
Staubniederschlag	JMW	IG-L	210	mg/(m ² /Tag)	109	96	72	81	74	77	85
Blei	JMW	IG-L	0,100	mg/(m ² /Tag)	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003
Cadmium	JMW	IG-L	0,002	mg/(m ² /Tag)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Blei	JMW	II.V.g.f.L.	250	mg/(m ² /Jahr)	1,0	1,5	1,0	0,9	1,0	1,0	1,1
Cadmium	JMW	II.V.g.f.L.	5	mg/(m ² /Jahr)	0,04	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Zink	JMW	II.V.g.f.L.	1000	mg/(m ² /Jahr)	21	23	29	20	22	31	24
Kupfer	JMW	II.V.g.f.L.	250	mg/(m ² /Jahr)	14	19	12	13	12	12	14
Magnesiumoxid	MMW [#]	II.V.g.f.L.	80	mg/(m ² /Tag)	9	4	11	12	9	5	8
Magnesiumoxid	JMW	II.V.g.f.L.	50	mg/(m ² /Tag)	4	2	2	3	3	2	3
Calziumoxid	MMW [#]	II.V.g.f.L.	600	mg/(m ² /Tag)	16	30	28	23	18	13	21
Calziumoxid	JMW	II.V.g.f.L.	400	mg/(m ² /Tag)	9	11	6	6	6	6	7
Arsen	JMW	TA-Luft	4*	µg/(m ² /Tag)	1,1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7
Vanadium	JMW	-	-	µg/(m ² /Tag)	1,0	0,7	0,6	0,5	0,8	0,6	0,7
verglühbare Substanz	JMW	-	-	mg/(m ² /Tag)	62,2	58,1	38,8	46,3	41,9	43,0	48,4
Schwefel	JMW	-	-	mg/(m ² /Tag)	0,6	0,7	0,8	1,0	0,7	0,4	0,7
Kalium	JMW	-	-	mg/(m ² /Tag)	0,6	1,0	0,7	0,5	0,7	0,5	0,6
Eisen	JMW	-	-	mg/(m ² /Tag)	0,6	0,8	0,7	0,6	0,4	0,7	0,6

4.2 Der Notkaminbetrieb der Donau Chemie-AG sowie die Staub- und Schadstoffdepositionen im Jahresgang

In den folgenden Abbildungen werden die Betriebsminuten des Notfallkamins und die Ergebnisse der Staub- und Schadstoffdepositionen im Jahresverlauf dargestellt. Dabei werden einerseits die maximalen durchschnittlichen Tagesdepositionen (Max-Wert) und andererseits die jeweiligen Mittelwerte aller sechs Messstationen herangezogen. Die Messdauer der einzelnen Monate entspricht jenen Zeiträumen in Tabelle 2. Zur Vereinfachung wurden die errechneten Werte als Monatswerte angegeben.

Ein Zusammenhang zwischen den monatlichen Betriebsminuten des Notfallkamins mit den einzelnen Schadstoffdepositionen konnte statistisch (Korrelationsanalysen) nicht nachgewiesen werden.

Allgemein ist in den Abbildungen erkennbar, dass es zu unterschiedlich hohen Schwankungen und Spitzen bei den Einträgen im Jahreslauf gekommen ist. Diese Schwankungen sind aufgrund der verwendeten Messmethode, aber auch durch den Einfluss von Wind und Ferntransport nur sehr schwer erklärbar. Generell ist aber ein erhöhter Eintrag an Calcium und Magnesium von Jänner bis Mai zu erkennen, welcher meist auf Staub von Dolomitstraßensplitt in den Wintermonaten und im Frühjahr/Sommer auf die Erosion von Bodenpartikeln (Kalk und Dolomit als Ausgangsgestein der Böden) zurückzuführen ist. Eine sehr warme und trockene erste Jahreshälfte 2018 führte womöglich auch zu verstärkter Erosion von Bodenteilchen und organischen Materialien durch Wind, was zu erhöhten Einträgen an verglühbare Substanz (=Vegetationsteile), Schwefel und besonders Kalium führte. Kupfer wird bei Obstbaumkulturen besonders während der Wachstumsphase im April und Mai als Fungizid eingesetzt. Dies könnte auch den hohen Eintrag an Kupfer in Abb. 13 verursacht haben. Erklärungen für Spitzeneinträge von Eisen, Arsen, Cadmium, Blei oder Zink während einzelner Monate sind ohne genauere Untersuchungen nicht möglich. Vanadium wird als ein möglicher Indikator für die Verbrennung von Petrolkoks verwendet, weshalb dieses Metall in die Untersuchungsreihe von Februar bis Dezember aufgenommen wurde (Abb.17). Die erhobenen Werte lassen aber auf keinen Einsatz an Petrolkoks in Landeck schließen.

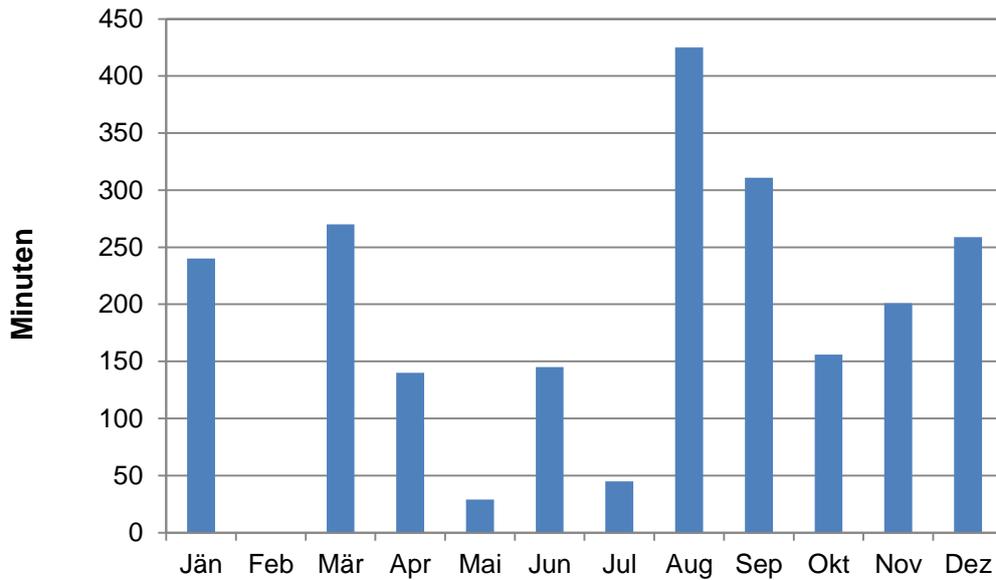


Abbildung 4: Betrieb des Notfallkamins der Donau Chemie AG im Jahr 2018. Vom 1. Februar bis 18. März war der Carbidofen außer Betrieb (Information Donau Chemie AG). Die meisten Betriebsminuten des Notfallkamins wurden im August und September erreicht.

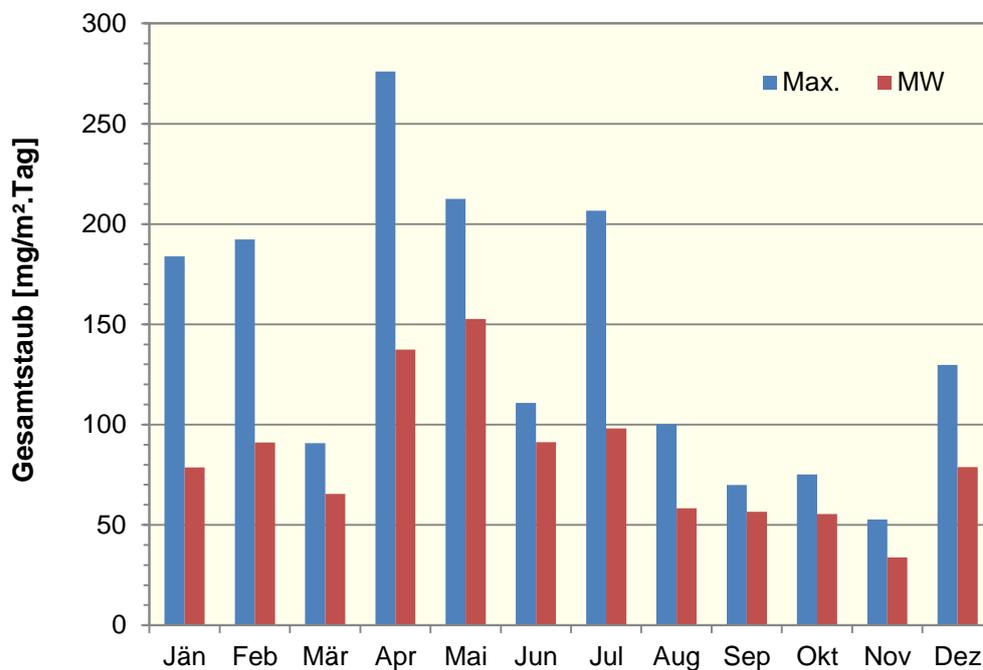


Abbildung 5: Durchschnittliche Depositionsraten des Staubes im Untersuchungsjahr (Max.= maximale Depositionsrates einer Messstation; MW= Mittelwert aller Messstationen).

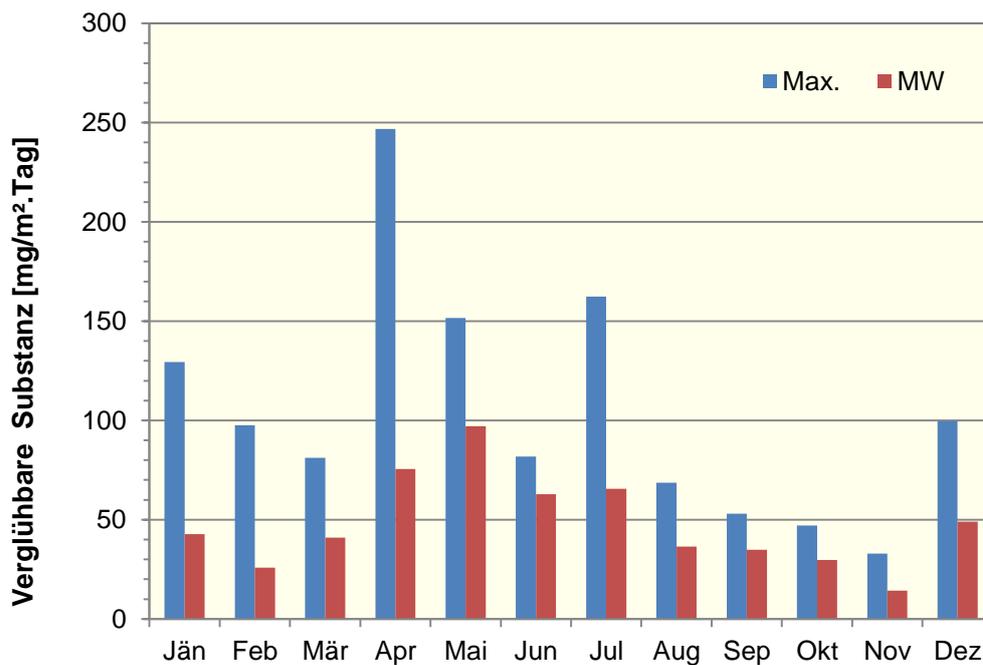


Abbildung 6: Durchschnittliche Depositionsraten der verglühbaren Staubs substanz im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen).

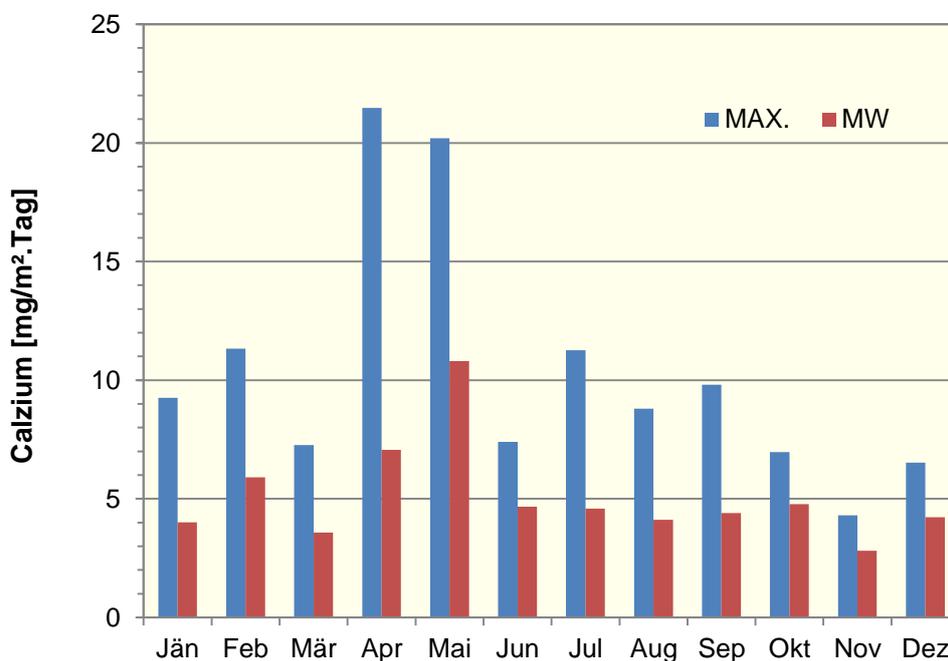


Abbildung 7: Durchschnittliche Depositionsraten von Calcium im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen).

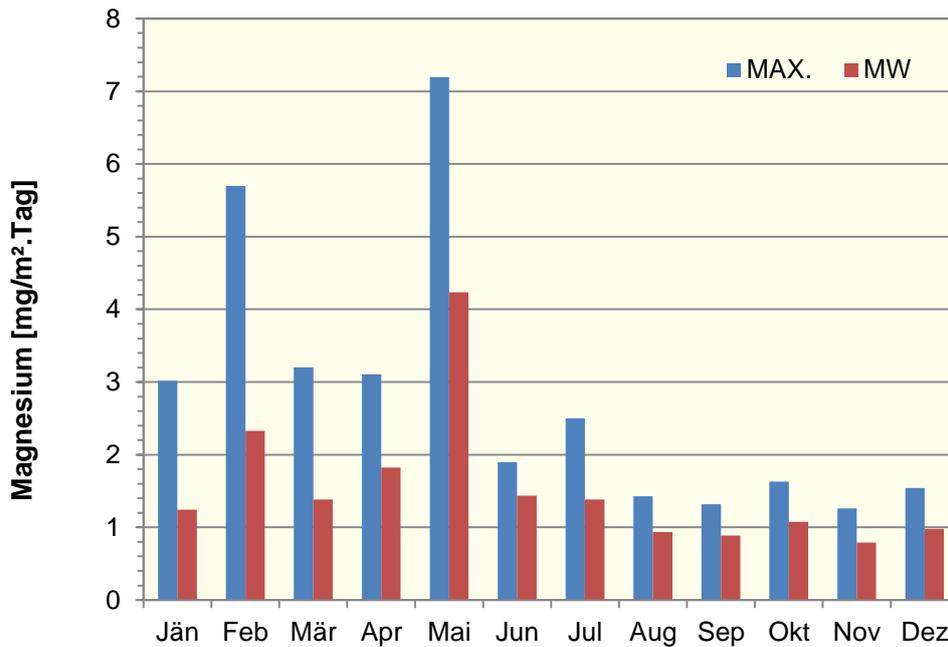


Abbildung 8: Durchschnittliche Depositionsraten von Magnesium im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen).

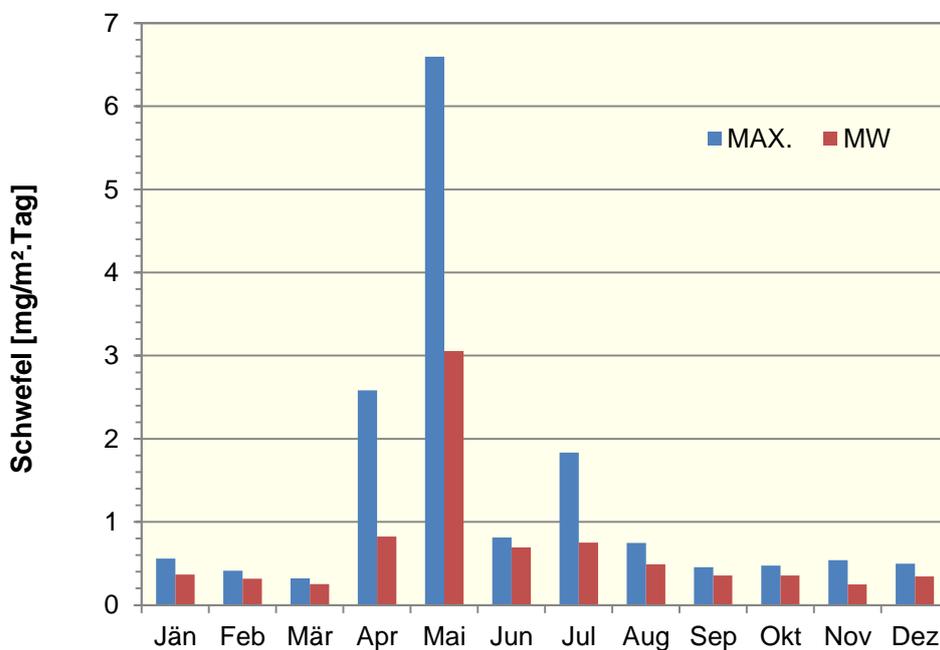


Abbildung 9: Durchschnittliche Depositionsraten von Schwefel im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen).

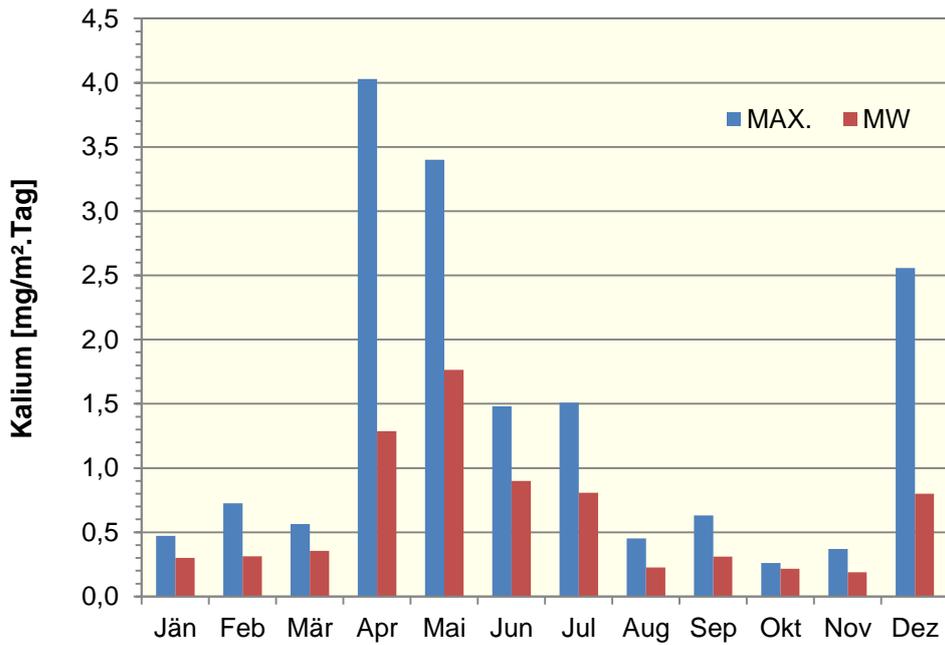


Abbildung 10: Durchschnittliche Depositionsraten von Kalium im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen).

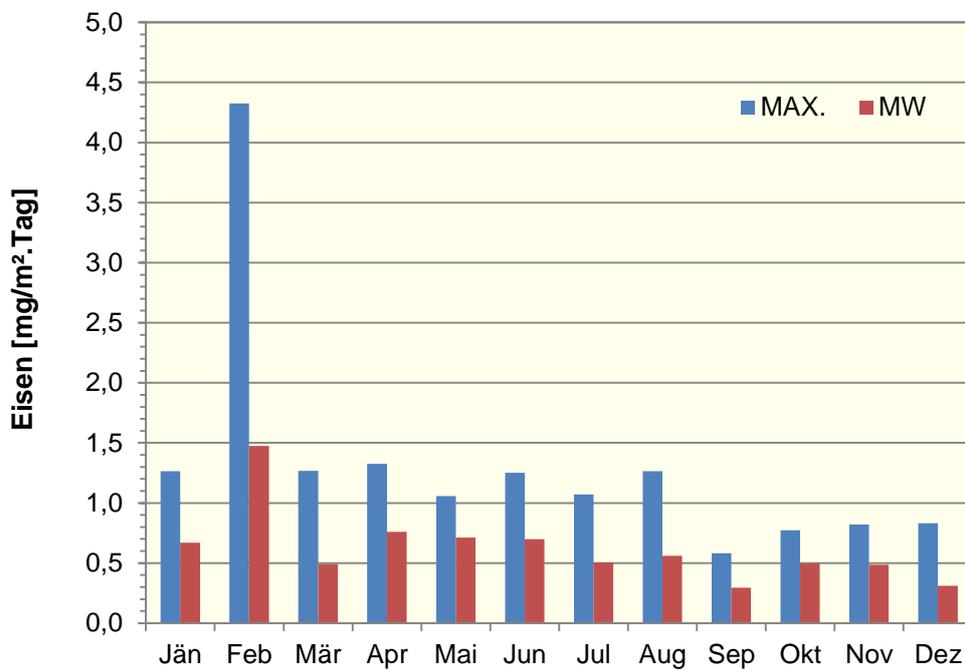


Abbildung 11: Durchschnittliche Depositionsraten von Eisen im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen).

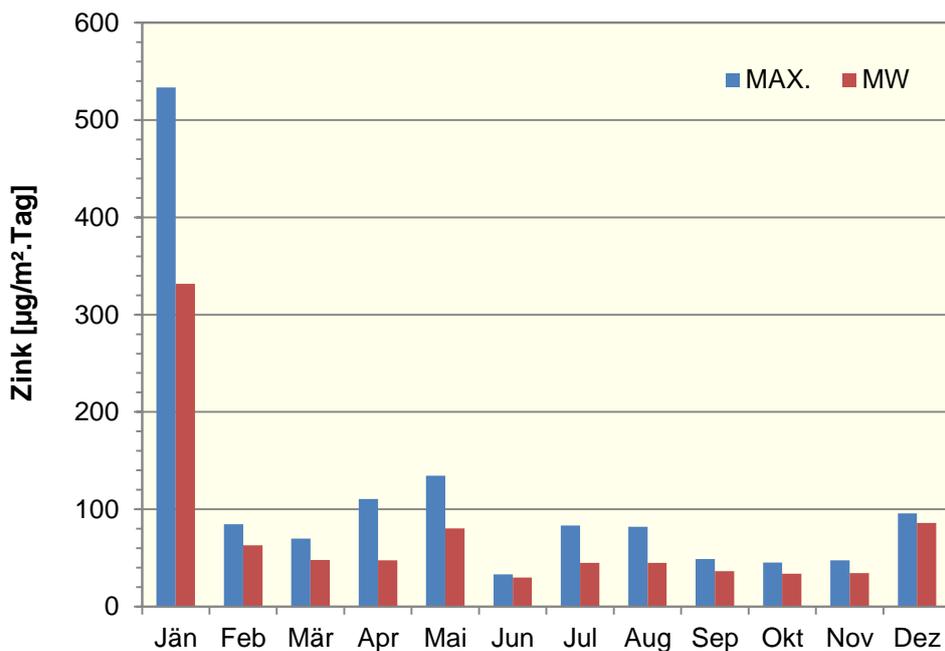


Abbildung 12: Durchschnittliche Depositionsraten von Zink im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen). Man beachte die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

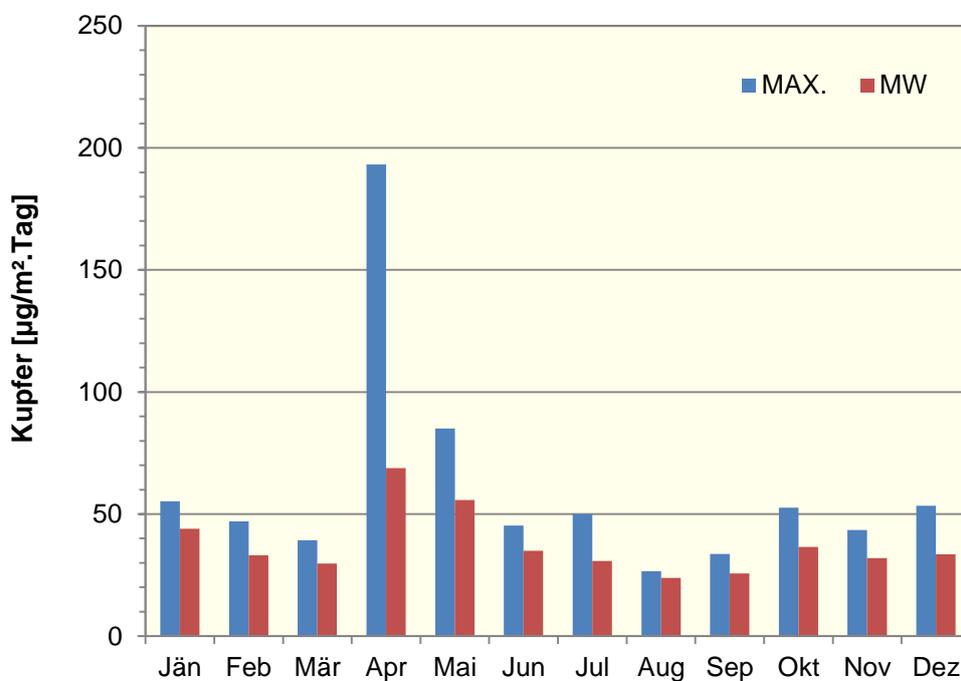


Abbildung 13: Durchschnittliche Depositionsraten Kupfer im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen). Man beachte die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

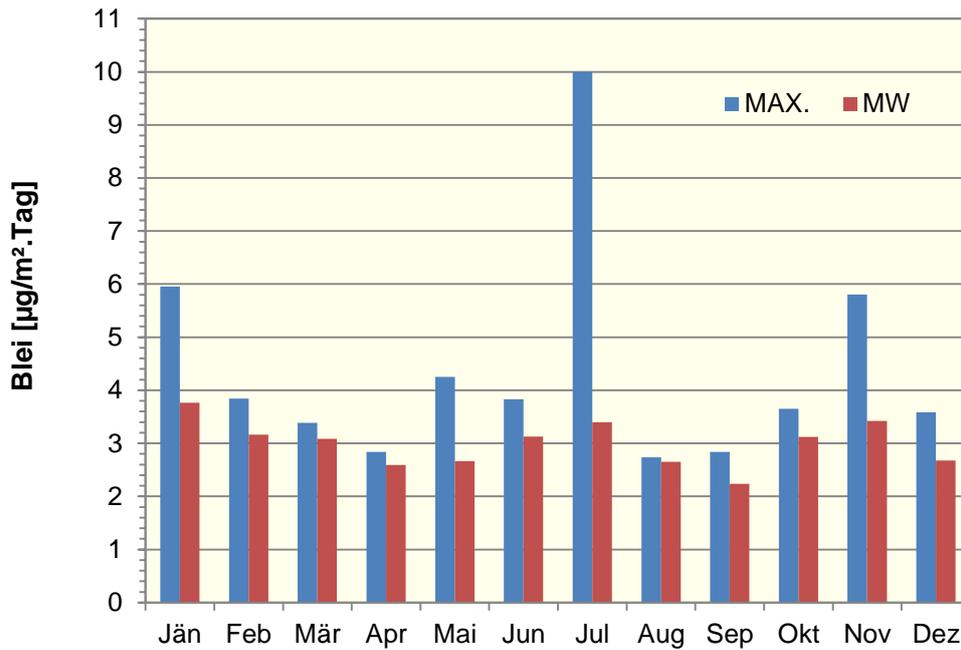


Abbildung 14: Durchschnittliche Depositionsraten von Blei im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen). Man beachte die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

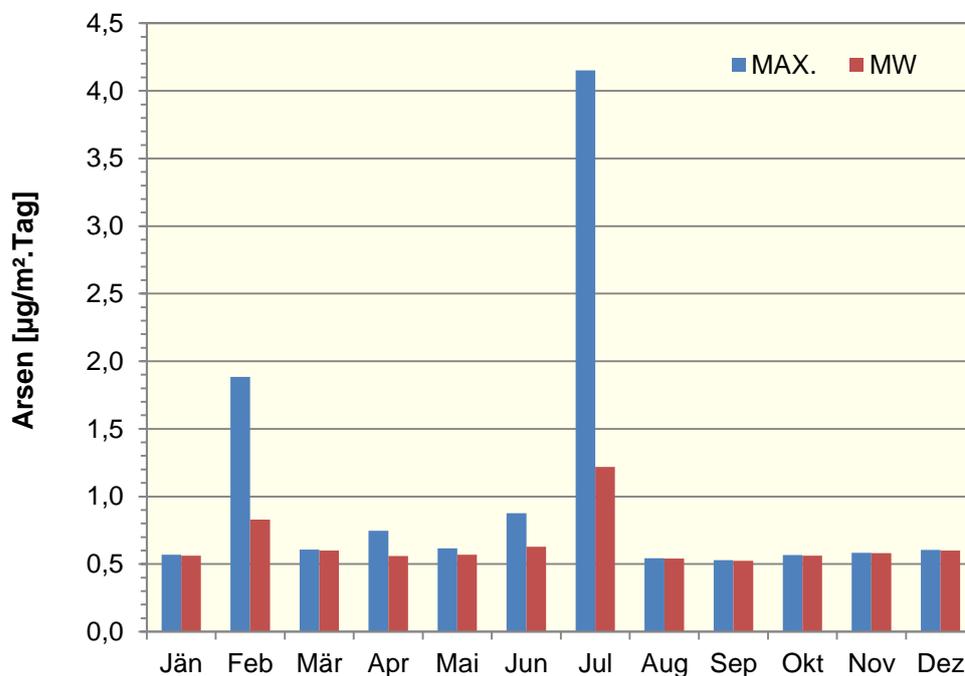


Abbildung 15: Durchschnittliche Depositionsraten von Arsen im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen). Man beachte die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

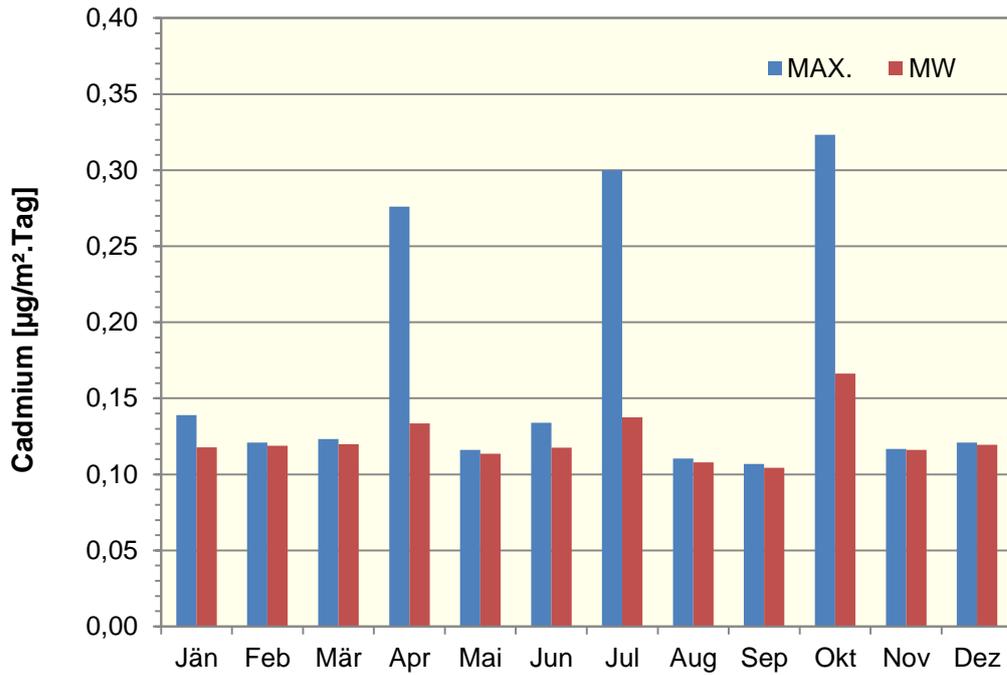


Abbildung 16: Durchschnittliche Depositionsraten von Cadmium im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen). Man beachte die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

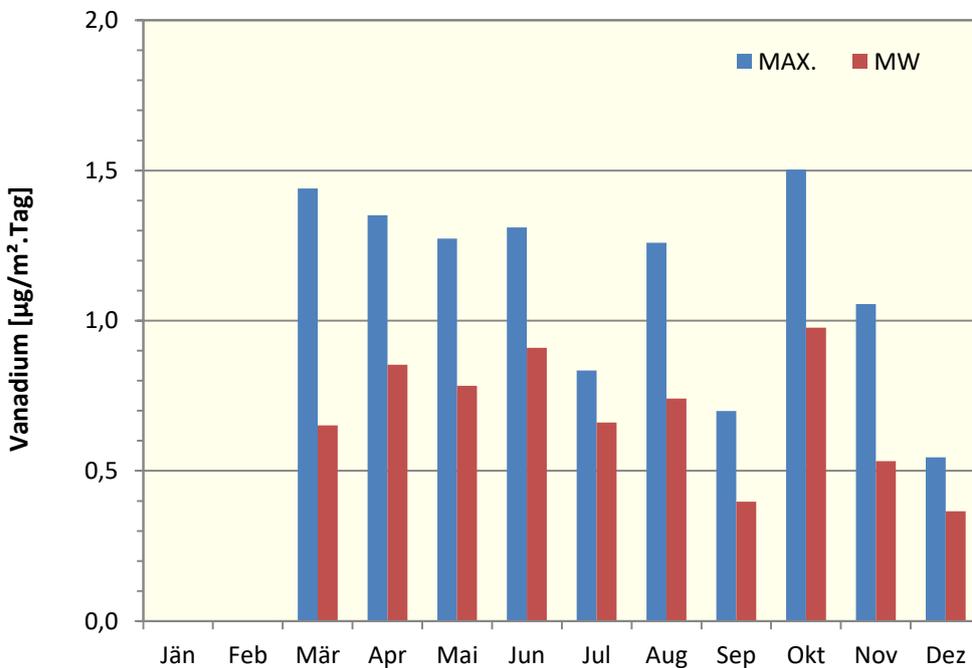


Abbildung 17: Durchschnittliche Depositionsraten von Vanadium im Untersuchungsjahr (Max.= Maximalwert; MW= Mittelwert aller Messstationen). Man beachte die Einheit $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

4.3 Ergebnisse der Bioindikation

Die Nadelanalysen der untersuchten Fichtenbäume im Stadtgebiet von Landeck zeigen keine Auffälligkeiten hinsichtlich einer deutlich erhöhten Akkumulation an Elementen (Tabelle 10). Erhöhte Werte an Kalium, Calcium und Zink traten vereinzelt in den Jahren 2017 sowie 2018 auf. Hier ist anzumerken, dass es sich bei diesen Elementen auch um wichtige Nährstoffe für das Pflanzenwachstum handelt und diese von der Pflanze hauptsächlich über die Wurzel aufgenommen werden. Die höchsten Werte für Calcium und Zink wurden am Standort LA4 (Gymnasium Perjen) erreicht. Ein möglicher Düngemittleinsatz an diesem Standort (z.B. Rasendünger, Holzasche) sowie die Staubeinträge während des Jahres (siehe voriges Kapitel) sind möglicherweise Ursachen dafür. Blei, Cadmium und Nickel sind Schadstoffe, die ebenfalls über den Wurzelpfad unselektiert von Pflanzen aufgenommen werden können. Die (mobilen) Mengen an diesen toxischen Metallen in natürlichen Böden sind aber meist sehr gering, weshalb sich diese Schadstoffe vorwiegend durch Staubeinträge und dem Anhaften an der Wachsschicht der Fichtenblätter akkumulieren. Auf allen vier Untersuchungsstandorten sind keine erhöhten Werte an Blei, Cadmium und Nickel festzustellen.

Die Ergebnisse der Fichtennadelanalysen in Landeck und jenen im österreichischen Bioindikatorenmessnetz in Landeck, Flirsch, Pettneu und Kaltenbrunn im Jahr 2017 zeigen etwas höhere Gehalte an untersuchten Elementen (außer bei Mangan und Nickel) im städtischen Gebiet als auf den Referenzwaldstandorten (vgl. Tabelle 11 und Tabelle 12). Die etwas höheren Durchschnittsgehalte an untersuchten Elementen in den Fichtennadeln sind auf die verschiedenen anthropogenen Emissionen in städtischen Ballungsräumen zurückzuführen. Das Jahr 2018 war geprägt durch hohe Temperaturen und großer Trockenheit während der Vegetationszeit im Landecker Talkessel, weshalb sich die Analyseergebnisse der Fichtennadeln im Jahr 2018 zum Teil deutlich von jenen im Jahr 2017 unterscheiden (vgl. Tabelle 11 & 12).

Allgemein kann ausgeführt werden, dass die leicht erhöhten Schwefelgehalte in den Fichtennadeln (Tabellen 10, 11, 12) als nicht ungewöhnlich einzustufen sind, obwohl die Schwefelgehalte in Österreich nach den Höchstwerten in den 1980-1990igern stetig sinken.

Tabelle 10: Beurteilung der Elementgehalte von Fichtennadeln in Landeck in den Jahren 2017 und 2018. Standorte LA/1/1, LA/1/2 (Fichten Osteinfahrt Donau Chemie AG); LA/2/1, LA/2/2 (Fichten östl. der Doanu Chemie AG); LA/3/1 (Fichte im Nisslpark); LA/4/1, LA/4/2 (Blaufichten beim Gymnasium Perjen).

Die farbliche Beurteilung für Schwefel erfolgt mit dunkelgrün (niedrig), hellgrün (leicht erhöht), gelb (erhöht) und orange (deutlich erhöht). Die Nährstoffe (N bis B) werden mit orange (Mangel), gelb (nicht ausreichende Versorgung) und dunkelgrün (ausreichende Versorgung) und blau (übersorgt, über Optimum) markiert. Die Schwermetallgehalte Pb, Cd, Ni werden mit minimal (dunkelgrün), normal (hellgrün), leicht erhöht (gelb), mäßig erhöht (orange) und blau (sehr erhöht) gekennzeichnet.

Standort	Wachstums-jahr	S	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Pb	Cd	Ni
		%	%	%	%	%	%	mg/kg							
LA/1/1	2017	0,10	1,21	0,2	0,97	0,62	0,11	172	12	44	4,0	12,9	1	<0,03	0,75
LA/1/2	2017	0,09	1,20	0,2	0,98	0,58	0,12	141	20	46	4,0	11,6	0,5	<0,03	0,74
LA/2/1	2017	0,10	1,55	0,29	1,07	0,93	0,15	98	33	66	3,2	20,8			<0,50
LA/2/2	2017	0,10	1,41	0,27	0,69	0,52	0,13	85	27	35	3,3	15,2			0,97
LA/3/1	2017	0,09	1,37	0,16	0,94	0,53	0,19	63	32	34	2,8	18,5			<0,50
LA/4/1	2017	0,09	1,34	0,21	0,74	1,09	0,14	42	52	56	3,1	25,0	<0,3	<0,03	<0,50
LA/4/2	2017	0,10	1,41	0,23	0,83	0,67	0,15	38	23	48	3,2	13,9	<0,3	<0,03	0,56
LA/1/1	2018	0,07	1,00	0,16	0,71	0,63	0,10	149	13	39			<0,3	<0,03	1,2
LA/1/2	2018	0,09	1,07	0,2	0,79	0,90	0,16	171	28	59			<0,3	<0,03	0,9
LA/2/1	2018	0,09	1,24	0,25	0,70	0,64	0,14	162	39	49					0,7
LA/2/2	2018	0,08	1,16	0,23	0,84	0,89	0,16	101	43	59					0,6
LA/3/1	2018	0,09	1,42	0,16	0,86	0,68	0,18	109	33	42					0,7
LA/4/1	2018	0,07	0,99	0,14	0,51	2,56	0,21	95	49	120			<0,3	<0,03	1,3
LA/4/2	2018	0,08	1,22	0,17	0,76	1,24	0,16	80	26	72			<0,3	<0,03	0,7

Tabelle 11: Vergleich der Elementgehalte von Fichtennadeln in der Stadt Landeck mit Waldstandorten in der Umgebung von Landeck im Jahr 2017 (PIN-Standorte im Österreichischen Bioindikatorenmessnetz).

Die farbliche Beurteilung für Schwefel erfolgt mit dunkelgrün (niedrig), hellgrün (leicht erhöht), gelb (erhöht) und orange (deutlich erhöht). Die Nährstoffe (N bis B) werden mit orange (Mangel), gelb (nicht ausreichende Versorgung) und dunkelgrün (ausreichende Versorgung) und blau (überversorgt, über Optimum) markiert. Die Schwermetallgehalte an Ni werden mit minimal (dunkelgrün), normal (hellgrün), leicht erhöht (gelb), mäßig erhöht (orange) und blau (sehr erhöht) gekennzeichnet.

Standort	Wachstums-jahr	S (Nj.1)	S (Nj.2)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ni
		%	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Landeck (P.06031)	2017	0,081	0,078	1,17	0,17	0,74	0,52	0,11	31	101	22	3,0	1,9	1,6
Flirsch (P.06002)	2017	0,092	0,080	1,28	0,25	0,70	0,72	0,17	24	844	47	2,1	5,5	1,2
Pettneu (P.06001)	2017	0,085	0,081	1,36	0,18	0,92	0,51	0,14	51	55	45	3,3	8,1	0,6
Kaltenbrunn (P.11001)	2017	0,087	0,077	1,21	0,24	0,71	0,7	0,15	26	917	46	2,4	7,6	1,1
Mittelwert		0,086	0,079	1,26	0,21	0,77	0,61	0,14	33	479	40	2,7	5,8	1,1
LA/1/1	2017	0,097		1,21	0,20	0,97	0,62	0,11	172	12	44	4,0	12,9	0,8
LA/2/1	2017	0,099		1,55	0,29	1,07	0,93	0,15	98	33	66	3,2	20,8	<0,50
LA/3/1	2017	0,092		1,37	0,16	0,94	0,53	0,19	63	32	34	2,8	18,5	<0,50
LA/4/1	2017	0,089		1,34	0,21	0,74	1,09	0,14	42	52	56	3,1	25,0	<0,50
Mittelwert		0,094	0,097	1,37	0,22	0,93	0,79	0,15	94	32	50	3,3	19,3	0,8

Tabelle 12: Vergleich der Elementgehalte von Fichtennadeln in der Stadt Landeck mit Waldstandorten in der Umgebung von Landeck im Jahr 2018 (PIN-Standorte im Österreichischen Bioindikatorenmessnetz).

Die farbliche Beurteilung für Schwefel erfolgt mit dunkelgrün (niedrig), hellgrün (leicht erhöht), gelb (erhöht) und orange (deutlich erhöht). Die Nährstoffe (N bis B) werden mit orange (Mangel), gelb (nicht ausreichende Versorgung) und dunkelgrün (ausreichende Versorgung) und blau (überversorgt, über Optimum) markiert. Die Schwermetallgehalte an Ni werden mit minimal (dunkelgrün), normal (hellgrün), leicht erhöht (gelb), mäßig erhöht (orange) und blau (sehr erhöht) gekennzeichnet.

Standort	Wachstums-jahr	S (Nj.1)	S (Nj.2)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Ni
		%	%	%	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Landeck (P.06031)	2018	0,096	0,095	1,20	0,25	0,87	0,63	0,15	24	413	37	2,6	3,0	
Flirsch (P.06002)	2018	0,120	0,104	1,23	0,25	0,90	0,82	0,19	34	1029	50	2,0	14,2	
Pettneu (P.06001)	2018	0,087	0,087	1,31	0,19	0,89	0,85	0,14	25	102	32	2,9	2,0	
Kaltenbrunn (P.11001)	2018	0,096	0,095	1,20	0,25	0,87	0,63	0,15	24	413	37	2,6	3,0	
Mittelwert		0,100	0,095	1,24	0,23	0,88	0,73	0,16	27	489	39	2,5	5,5	
LA/1/1	2018	0,071	0,068	1,00	0,16	0,71	0,63	0,10	149	13	39			1,2
LA/2/1	2018	0,090	0,072	1,24	0,25	0,70	0,64	0,14	162	39	49			0,7
LA/3/1	2018	0,093	0,090	1,42	0,16	0,86	0,68	0,18	109	33	42			0,7
LA/4/1	2018	0,068	0,069	0,99	0,14	0,51	2,56	0,21	95	49	120			1,3
Mittelwert		0,081	0,075	1,16	0,18	0,70	1,13	0,16	129	34	63			1,0

5. Zusammenfassung

- Die Ergebnisse der Staubdeposition und der Bioindikation zeigen keine Auffälligkeiten hinsichtlich der Schadstoffbelastung im Stadtgebiet von Landeck. Alle Messwerte der Staubdeposition liegen deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten.
- Die Einträge von Elementen zeigen im Jahreslauf vereinzelt höhere Werte. Aufgrund des gewählten Messverfahrens (monatliche Auflösung der Staubmessung) sind keine Rückschlüsse auf bestimmte Tage mit erhöhten Belastungen oder die Herkunft der Stäube und Schadstoffe möglich.
- Ein Zusammenhang zwischen den (monatlichen) Staubdepositionen bzw. Staubinhaltsstoffen und dem (monatlichen) Betrieb des Notkamins der Donau Chemie AG konnte nicht nachgewiesen werden.